

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-088190

(43)Date of publication of application : 02.04.1996

(51)Int.Cl. H01L 21/205  
H01L 21/3065

(21)Application number : 06-259860 (71)Applicant : NEC CORP

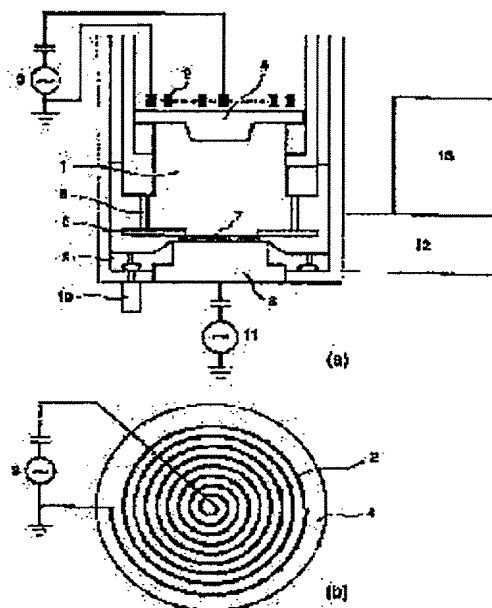
(22)Date of filing : 16.09.1994 (72)Inventor : YOSHIDA  
KAZUYOSHI  
MIYAMOTO  
HIDENOBU

## (54) PLASMA TREATMENT EQUIPMENT AND PLASMA TREATMENT METHOD

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To make plasma and plasma etching rate uniform, by making a dielectric plate thick in the central part of a reaction vessel, and thin in the peripheral part.

**CONSTITUTION:** After a wafer 7 to be treated is introduced in a reaction vessel 1, the interval between the wafer 7 and a dielectric window 4 is adjusted, treatment gas is introduced in the reaction vessel 1 from a gas ring 9, and the pressure in the reaction vessel 1 is adjusted to be, e.g. several mTorr. In this state, an RF power supply 3 is applied to a spiral type coil 2 arranged above the dielectric window 4, and a high frequency current is made to flow through the coil 2. Thereby plasma is formed and the wafer 7 is etched. In this case, the dielectric window 4 is constituted to be thick in the central part of the reaction vessel 1, and thin in the peripheral part. The dielectric window 4 is formed so as to protrude downward, and the spiral type coil is formed so as to be planar.



---

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 16.09.1994

[Date of sending the examiner's  
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application  
other than the examiner's decision  
of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for  
application]

[Patent number] 2770753

[Date of registration] 17.04.1998

[Number of appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right] 17.04.2001

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-88190

(43) 公開日 平成8年(1996)4月2日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

H 0 1 L 21/205

21/3065

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/ 302

B

審査請求 有 請求項の数14 書面 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平6-259860

(22) 出願日 平成6年(1994)9月16日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 吉田 和由

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 宮本 秀信

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

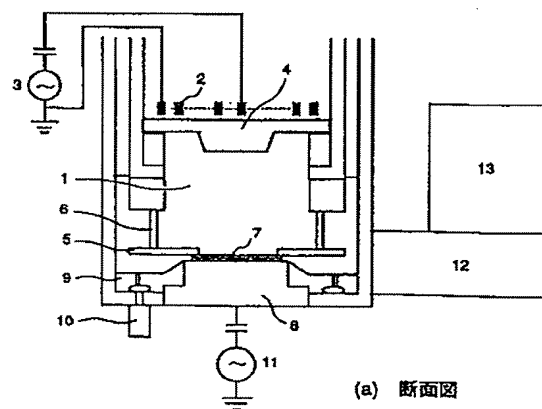
(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置およびプラズマ処理方法

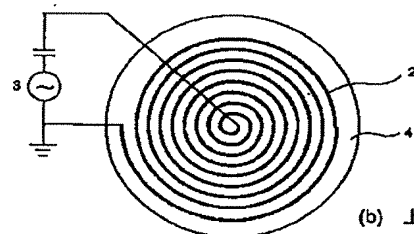
(57) 【要約】

【目的】 ウェハの大径口化に対応できるような簡便な方法で高密度プラズマ源を有しプラズマ及びエッチングの速度の均一化が可能なプラズマ処理装置を提供する。また、エッチング条件を変えることなく選択比、形状を制御できるプラズマ処理方法を提供する。

【構成】 上部に誘電体材料で構成される窓を有し他の部分が電氣的に接地された反応容器と、反応容器外で前記誘電体窓に近接して配置される渦巻き状のコイルと、反応容器内の下部に試料が載置される下部電極と、前記誘電体窓と下部電極間距離を可変する機構と、前記下部電極に高周波電圧を印加する手段を有し、前記誘電体窓の厚さを一部厚くすることによりプラズマ及びエッチング速度の均一化を達成する。また、前記コイルにより生成される誘電電界を、反応容器の中心に対し軸対称とすることでプラズマ及びエッチング速度の均一化を達成し、コイルの位置をコイルの軸方向に可動することでエッチング形状、選択比を制御する。



(a) 断面図



(b) 上面図

第1図 誘電体窓形状を反応容器中央部で厚く、周辺部で薄くし、下部に凸とした本発明のプラズマ処理装置の第1の実施例

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 上部に誘電体材料で構成されるプレートと、該プレートが電気的に接地された真空反応容器と、該反応容器外に該誘電体プレートの上面に近接して配置される渦巻き状のコイルと、該コイルに高周波電流を流すための RF 電源と、該 RF 電源と該コイルとのチューニング機構と、該真空反応容器内に複数のプロセスガスを導入する手段と、該プロセスガスの圧力を制御する手段と、該真空反応容器内の下部に位置し試料が載置される下部電極と、該誘電体プレートと該下部電極間距離を可変する機構と、該下部電極に高周波電圧を印加する手段とを備えた低圧、高密度プラズマ処理装置において、該誘電体プレートを該反応容器中央部で厚く、周辺部で薄くすることを特徴としたプラズマ処理装置。

【請求項 2】 前記誘電体プレートの厚い部分が、前記誘電体プレート全体の直径の 0.2 ないし 0.4 倍の径と、前記誘電体プレートの薄い部分の 2 ないし 5 倍の厚さを有することを特徴とした請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】 前記誘電体プレートの形状を下部に凸とし、前記渦巻き状コイルの形状を平面状とすることを特徴とした請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】 前記誘電体プレートの形状を上部に凸とし、前記渦巻き状コイルの形状を平面状とすることを特徴とした請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】 前記誘電体プレートの形状を上部に凸とし、前記渦巻き状コイルを前記上部に凸形状誘電体プレートの上部の表面に沿って配置することを特徴とした請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】 誘電体プレートの形状が上部に凸でかつ、中央部で周辺部の 2 ないし 4 倍の厚さのドーム形状であり、前記渦巻き状コイルを前記上部に凸形状誘電体プレートの上部の表面に沿って配置することを特徴とした請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】 前記コイルの位置をコイルの径方向に  $\pm 2\text{ cm}$  の範囲で可動する手段と、移動距離をコンピュータを用いて制御する機構を有し、移動距離をエッチングパラメータの 1 つとしてエッチングステップごとに変えられるように構成することを特徴とした請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】 請求項 7 においてコイルの重心と前記反応容器の中心を一致させることを特徴とした請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 9】 前記コイルの位置をコイルの軸方向にコイル-誘電体プレート間距離 0 ないし 15 mm の範囲で可動する手段と、移動距離をコンピュータを用いて制御する機構を有し、移動距離をエッチングパラメータの 1 つとしてエッチングステップごとに変えられるように構成することを特徴とした請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 10】 コイルを複数個組み合わせ、コイルの形状を軸対称とすることを特徴とした請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 11】 請求項 10 においてコイル 2 本から構成され、反応容器の中心で前記 2 本のコイルを電気的に接続することを特徴とした請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 12】 請求項 10 においてコイル 4 本から構成され、反応容器の中心で前記 4 本のコイルを電気的に接続することを特徴とした請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 13】 請求項 9 のプラズマ処理装置により同一プロセスガスを使用し前記移動距離以外の条件を変えずに、ポリシリコン対  $\text{SiO}_2$  エッチング速度比を可変することを特徴としたプラズマ処理方法。

【請求項 14】 請求項 9 のプラズマ処理装置により同一プロセスガスを使用し前記移動距離以外の条件を変えずにエッチング形状のテーパ角を可変することを特徴としたプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体装置の製造に使用するプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法に関する。

【従来の技術】 半導体デバイスの高集積化に伴い、ウェハに対して異方性エッチングを行うことのできるドライエッチング装置が広く使用されている。例えば、プラズマを用いたドライエッチング装置にあっては、反応容器内のプラズマ中で生成される中性ラジカルとインオンとの複合的な作用によりエッチングを行っている。プラズマ中のインオンは、反応容器内の電界の作用によりウェハに入射する。ところが、イオンは中性ガス分子との衝突により散乱し、運動方向が変化してしまう。このため、ウェハに対し垂直に入射できず、サイドエッチングが生じ、マスクとの寸法変換差が生じる。そこで、反応容器の圧力を下げることにより中性分子数を減少させ、イオンと中性ガス分子との衝突を軽減することが考えられるが、この場合生成されるプラズマ自体の密度も低下するため、下地との選択性が問題となる。このため、高密度プラズマ源を用いて、低圧領域において十分な密度のプラズマを生成できるプラズマ処理装置が案出されている。そのようなプラズマ処理装置の一例として特開平 6-84811 号公報に記載されたプラズマ処理装置がある。この装置の構造を第 13 図に示す。この装置は、平坦に形成された側部を有するコイル 45 に RF 電流を流すことにより反応容器 52 内部に誘電体プレート 54 を通して誘電体プレートに平行な方向の磁界を発生させ、さらに発生した磁界の時間変化により電磁誘導により誘導電界を生成させ、この誘導電界により低圧、高密度プラズマを生成する。また、この装置では反応容器 52 内に配置される誘電体プレートに対向する電極にウ

エハを取り付け、この電極にバイアスを印加することでウェハに入射するイオンエネルギーを制御している。また、コイルの径は発生する磁界の強度を均一化するために中央部に比べて端部で小さくなっている。

【発明が解決しようとする課題】上述したプラズマ処理装置にあっては、プラズマ生成に使用するコイルが反応容器（処理ウェハ）の中心に対して軸対称ではない。このため、生成されるプラズマも軸対称ではなく、プラズマの均一化が望めない。生成されたプラズマの均一性は、エッチング速度の均一性に直接影響するため、エッチング上重要なパラメータの一つであるエッチング速度の均一化が期待できない。この均一化の方法は、ウェハの大口径化に対応するために簡単な方法であることが重要である。また、従来のプラズマ処理装置では、選択比、エッチング形状を制御するためには、エッチング条件をかえる必要があった。そこで本発明は、ウェハの大口径化に対応できるような簡便な方法で、低圧、高密度プラズマ源を有しプラズマ及びエッチング速度の均一化が可能なプラズマ処理装置を提供することを目的としている。また、本発明のプラズマ処理装置を使用してエッチング条件を変えることなく選択比、形状を制御できるプラズマ処理方法を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】本発明の低圧、高密度プラズマ処理装置は、上部に誘電体材料で構成されるプレートと有し他の部分が電気的に設置された反応容器と、反応容器外で前記誘電体プレートの上面に近接して配置される渦巻き状のコイルと、このコイルに高周波電流を流すためのRF電源と、このRF電源と前記コイルとのチューニング機構と、反応容器内に複数のプロセスガスを導入する手段と、前記プロセスガスの圧力を制御する手段と、反応容器内の下部に試料が載置される下部電極と、前記誘電体プレートと下部電極間距離を可変する機構と、前記下部電極に高周波電圧を印加する手段により構成され、前記誘電体プレートの厚さを反応容器中央部で厚く、周辺で薄くすることによりプラズマおよびエッチング速度の均一化を達成する。また、前記コイルにRF電流を流すことにより生成される誘導電界の大きさを、反応容器の中心に対し軸対称とすることでさらにプラズマ及びエッチングの速度の均一化を達成する。また、上記のプラズマ処理装置において、コイルの位置をコイルの軸方向に可動することでエッチング形状、選択比を制御する。

【実施例】第1図に本発明のプラズマ処理装置の第1の実施例を示す。以下にプラズマ生成方法及びエッチング方法を詳細に説明する。反応容器1内に例えば直径6インチの処理ウェハ7を導入後、処理ウェハ7ー誘電体窓4間隔を調整し、処理ガスをガスリング9から反応容器1内に導入し、反応容器1内の圧力を例えば数mTorrに調整する。この状態で誘電体窓4の上部に配置されている渦巻き状コイル2に第1図には記載されていないが

マッチング回路を通し例えば13.56MHzのRF電源3を印加することにより高周波電流を流す。これにより第2図に示すように反応容器1内に変動磁界14が生じ、この変動磁界14により電磁誘導から誘導電界15が生じる。この誘導電界15により反応容器1内の電子が運動し衝突を繰り返しプラズマが生成される。このとき生成されるプラズマは前述の完全な誘導結合成分だけではなく、コイル2とプラズマとが直接結合する容量結合成分も含まれる。生成されたプラズマにより処理ウェハ7はエッチングされるが、本発明のプラズマ処理装置ではウェハ7が載置される下部電極8にバイアスをRF電源10により印加しウェハ7量でのイオンエネルギーを制御している。まず、プラズマの均一化に体する誘電体窓の形状の効果を調べるために、誘電体窓の形状を厚さの均一な物16、中央部分を厚くした物17、さらに厚い部分の幅を広げた物18と変えてイオン電流密度の反応容器1の径方向の分布を測定した結果を第3図に示す。誘電体窓の厚さの均一な物16では、中央部分でイオン電流密度が大きく、均一性は6インチ径で $\pm 15\%$ と不均一である。これは渦巻き状コイル2の形状が等間隔で反応容器1の中央にまで巻かれているため、コイル2により生成される誘導電界の大きさが中央部分で大きくなるためである。この中央部分の誘導電界の大きさを抑えるために誘電体窓の中央部分を厚くした17では均一性は $\pm 5\%$ に向上し、さらに誘電体窓の厚い部分の幅を広くした18では $\pm 3\%$ にまで向上した。エッチングにとって重要なのは実際のエッチング速度の均一性であるため、上述の誘電体窓形状16、17、18を使用しポリシリコン及びWSi<sub>2</sub>のエッチング速度19、21を測定した結果を第4図に示す。第4図から明らかなようにポリシリコンWSi<sub>2</sub>のエッチング速度の均一性はプラズマの均一化に対応し、ポリシリコンではエッチング速度の均一性19は $\pm 10\%$ から $\pm 4\%$ に、WSi<sub>2</sub>21では $\pm 7\%$ から $\pm 2.5\%$ に向上する。プラズマ及びエッチング速度の均一化には直径8インチ、8回巻きの渦巻き状コイル形状に対し誘電体プレートの直径の0.2~0.5倍の径で、厚い部分の厚さは2~5倍とすることが最適であった。第5図に本発明の第2の実施例として誘電体プレートの形状を上部に凸またはドーム形とした場合を示す。第5図(a)は上部に凸状の誘電体プレートに対し平面状のコイルを使用した場合、(b)は上部に凸状の誘電体プレートに対し誘電体プレート上部の表面に沿ってコイルを配置した場合、(c)は上部にドーム形の誘電体プレートに対し誘電体プレート上部の表面に沿ってコイルを配置した場合の実施例である。このように誘電体プレートを反応容器外に凸とすることでメンテナンス性が向上し、また誘電体プレートーウェハ間の距離を一定にできる。また、プラズマ及びエッチング速度の均一化に対しては前述の反応容器内側に凸形状の誘電体プレートと同等の効果がある。第6図にさらに

エッチング速度を均一化するための本発明の第3の実施例を示す。これは渦巻き状コイル2の位置をモータ23とその制御機構24により反応容器1の径方向に可動としている。渦巻き状コイル2の形状は中心に対し軸対称ではないためエッチング速度の分布がウェハ中央に対し軸対称ではない。このため、コイルを最も系に差の生じる径方向25に±1 cm動かし、ポリシリコン及び $WSi_2$ のエッチング速度の均一性を測定した。その結果を第7図に示す。このようにコイル2を反応容器1の径方向に移動することはエッチング速度の均一化に対し有効であることは明らかであり、最適なコイルの位置はコイルの重心の位置と反応容器の中心を一致させたときである。これまでの実施例はコイルの形状が軸対称ではない場合であるが、第8図コイル形状を中心に対し軸対称とするために複数のコイルを組み合わせた実施例を示す。第8図(a)ではコイルを2つ、第8図(b)では4つを反応容器中心で電氣的に接続し、軸対称形状を形成する。コイル1つでプラズマを生成するこれまでの実施例に比べて短いコイルの長さで、同等のプラズマ密度を得ることができ、コイルを複数組み合わせ軸対称とすることにより第3の実施例と同様の効果がある。コイル1つ当たりの長さを短くすることで、コイルの電氣的な抵抗分を減らすことができ、コイルに加わる電圧を数kVから数百kVに下げることができる。これにより、プラズマの容量結合成分を低下させ誘電体プレートのスパッタリングを減少でき、この誘電体材料のスパッタリング(石英の場合は $Si$ 、 $SiO_2$ 、 $O$ などアルミナセラミックの場合は $Al$ 、 $Al_2O_3$ 等)による汚染及びエッチングプロセスに対する影響を低減できる。本発明の第5の実施例を第9図に示す。コイル形状を軸対称としている。また誘電体プレートの形状を反応容器1外、上部に凸状としこの誘電体プレートの上部の表面に沿ってコイルを配置している。これにより反応容器内では平面であるためメンテナンス性が向上する。また中央部が周辺に比べ厚いため、さらにコイル形状が反応容器の中心に対し軸対称であるためプラズマ及びエッチング速度の均一化は達成される。第10図に本発明の第6の実施例としてコイルの位置を軸方向にモータ23とそれを制御する機構24により移動可能とした場合を示す。この場合、コイルと誘電体窓間の距離をエッチング条件などと同様にソフト状つまりエッチングステップごとに可変できるように構成されている。コイルと誘電体窓間の距離をかえることでプラズマ中の誘導結合成分と容量結合成分の比率を変えることができる。第11図にコイルと誘電体窓の距離を変えたときのポリシリコン及び $SiO_2$ のエッチング速度、ポリシリコン対 $SiO_2$ の選択比を示す。全く同一のエッチング条件でエッチング速度を変えずに選択比を60~140の範囲で可変でき、プロセスマージンが拡大できる。また、第12図にコイルと誘電体窓の距離を変えたときのポリシリコンのエッチング形状

を示す。この結果から同一エッチング条件でテーパ角 $80^\circ \sim 90^\circ$ の範囲で可変できることがわかる。このためメインエッチングとオーバーエッチングとでコイルと誘電体窓の距離を変えることにより形状制御が可能となる。

【発明の効果】本発明のプラズマ処理装置を使用することによりプラズマの均一性が±15%から±3%に、ポリシリコンのエッチング速度の均一性は±10%から±4%に、 $WSi_2$ では±5%から±1%向上する。また、エッチング条件を変えずにポリシリコン対 $SiO_2$ 選択比を60~140の範囲で、ポリシリコンエッチング形状のテーパ角を $80^\circ \sim 90^\circ$ の範囲で可変できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】誘電体窓形状を反応容器中央部で厚く、周辺部で薄くし、下部に凸とした本発明の第1の実施例

【図2】渦巻き状コイルにRF電圧を印加することにより生じる(a)磁界及び(b)電界の方向

【図3】誘電体窓形状を変えたときのイオン電流密度分布の比較

【図4】ポリシリ、 $WSi$ のエッチング速度及びウェハ面内均一性の誘電体窓形状依存性

【図5】誘電体窓形状を上部に凸とした本発明の第2の実施例

【図6】渦巻き状コイルの位置を反応容器の径方向に移動可能とした本発明の第3の実施例

【図7】エッチング均一性のコイルの径方向位置依存性

【図8】コイル形状を軸対称にした本発明の第4の実施例

【図9】コイル形状を軸対称とし誘電体窓形状を上側に凸とした本発明の第5の実施例

【図10】コイル位置を軸方向に可動とした本発明の第6の実施例

【図11】ポリシリ、 $SiO_2$ のエッチング速度、均一性のコイルの軸方向位置依存性

【図12】コイル-誘電体窓間の距離をかえたときのポリシリエッチング形状

【図13】従来技術の実施例

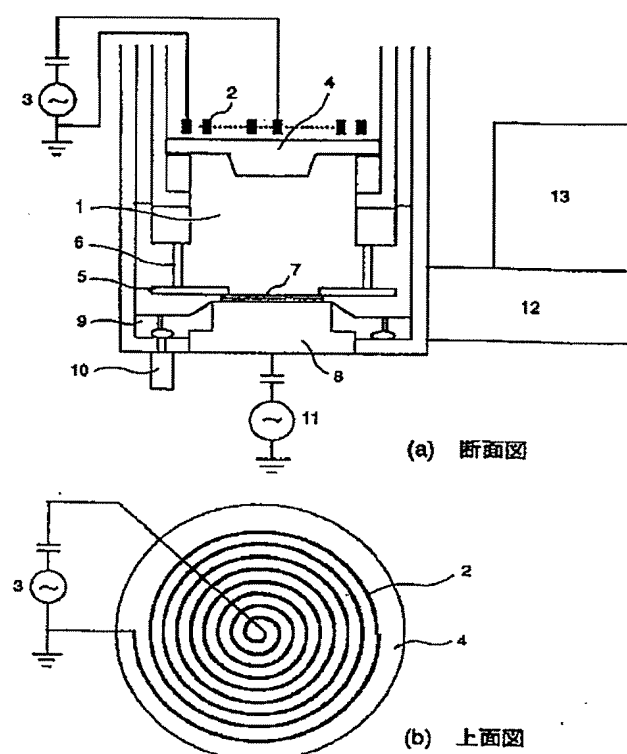
#### 【符号の説明】

- 1 反応容器
- 2 渦巻きコイル
- 3、11 高周波電源
- 4 誘電体窓
- 5 クランプリング
- 6 クランプリング支持棒
- 7 処理ウェハ
- 8 下部電極
- 9 ガスリング
- 10 ガス導入口
- 12 マニホールド

- 13 ターボ分子ポンプ
- 14 磁界の方向
- 15 誘導電界の方向
- 16 均一な厚さの誘電体窓
- 17 中央部分を厚くした誘電体窓
- 18 厚い部分の幅を広げた誘電体窓
- 19, 34 ポリシリコンエッチング速度
- 20, 35 ポロシリコンエッチング均一性
- 21  $WSi_2$  エッチング速度
- 22  $WSi_2$  エッチング均一性
- 23 コイル可動用モータ
- 24 コンピュータによるモータ制御機構
- 25 コイルの移動方向
- 26, 27, 28 反応容器中心の位置 (26: +1, 27: 0 cm, 28: -1 cm)
- 29 PRマスクポリシリコンエッチング均一性
- 30  $SiO_2$  マスク  $WSi_2$  エッチング均一性
- 31 PRマスク  $WSi_2$  エッチング均一性
- 32, 33 コイル形状
- 36  $SiO_2$  エッチング速度
- 37 ポリシリコン/ $SiO_2$  選択比
- 38 PR
- 39 ポリシリコン
- 40  $SiO_2$

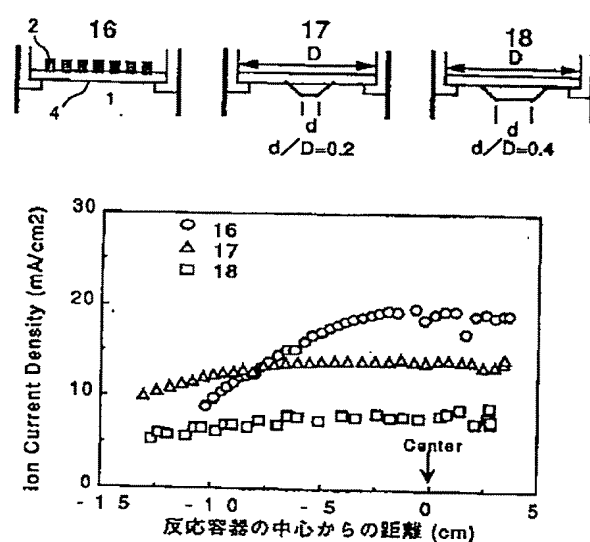
- 41 Si基板
- 42 コンデンサ
- 43 モータ
- 44 齒列車
- 45 主コイル
- 46 磁界
- 47 面状プラズマ
- 48 高周波電源
- 49 高周波マッチング回路
- 50 カップリングコイル
- 51 アルミニウムシリンダ
- 52 反応容器
- 53 インシュレータ
- 54 静電シールド
- 55 誘電体窓
- 56 電極
- 57 リングインシュレータ
- 58 コネクタ
- 59 ウェハ
- 60 プロセスガス源
- 61 入口ポート
- 62 真空ポンプ
- 63 出口ポート

【図1】



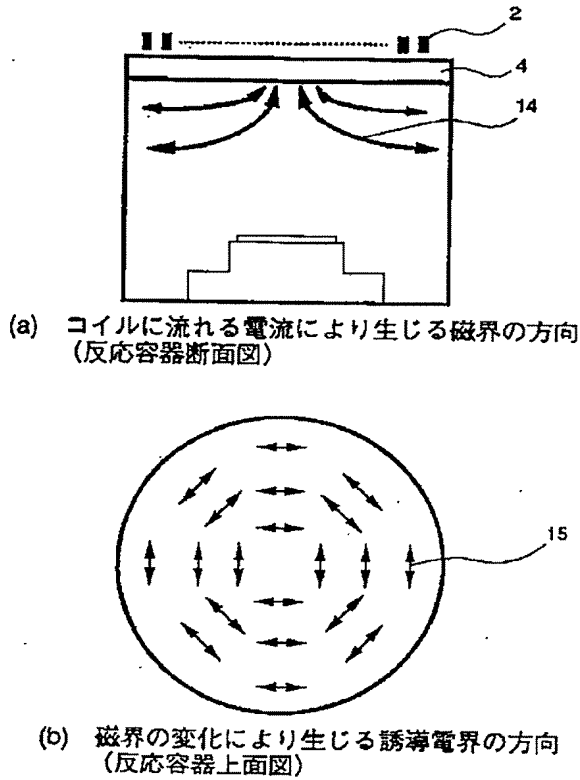
第1図 誘電体窓形状を反応容器中央部で厚く、周辺部で薄くし、下部に凸とした本発明のプラズマ処理装置の第1の実施例

【図3】



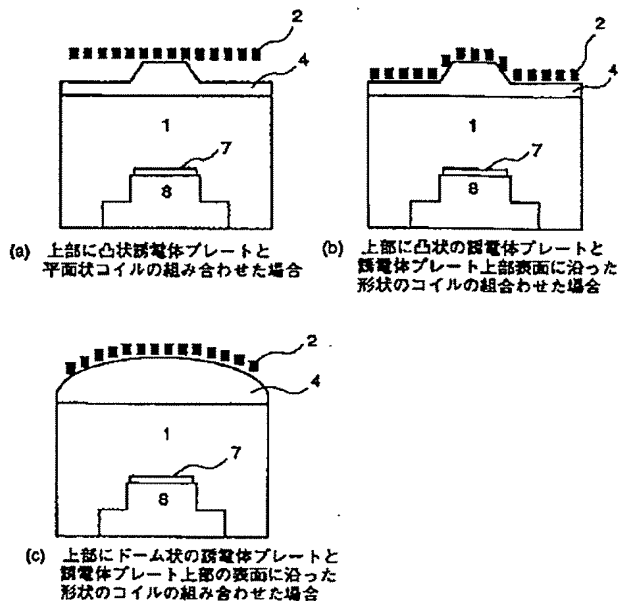
第3図 誘電体窓形状を変えたときのイオン電流密度分布の比較  
 16: 均一な厚さの誘電体窓  
 17: 中央部分を厚くした誘電体窓 ( $d/D=0.2$ )  
 18: 厚い部分の幅を広げた誘電体窓 ( $d/D=0.4$ )

【図2】



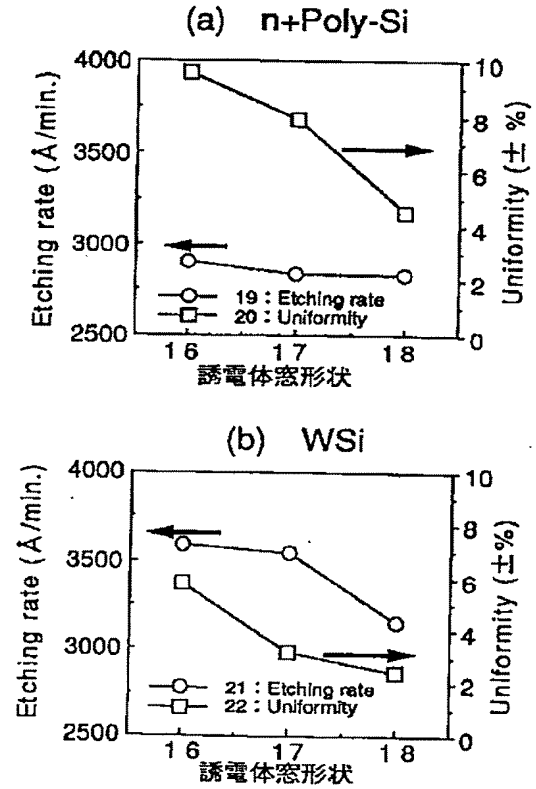
第2図 渦巻き状コイルにRFを印加することにより生じる磁界及び誘導電界の方向

【図5】



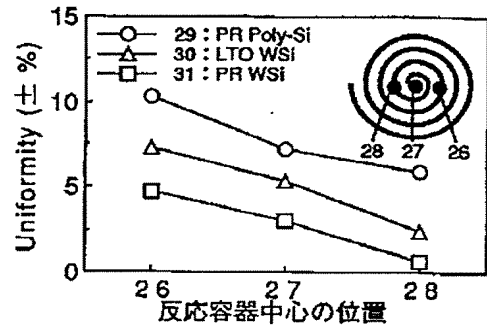
第5図 誘電体室の形状を上部に凸とした本発明の第2の実施例

【図4】



第4図 ポリシリ、WSiのエッチング速度及びウェハ面内均一性の誘電体窓形状依存性  
(a) n+poly-Si、(b) WSi

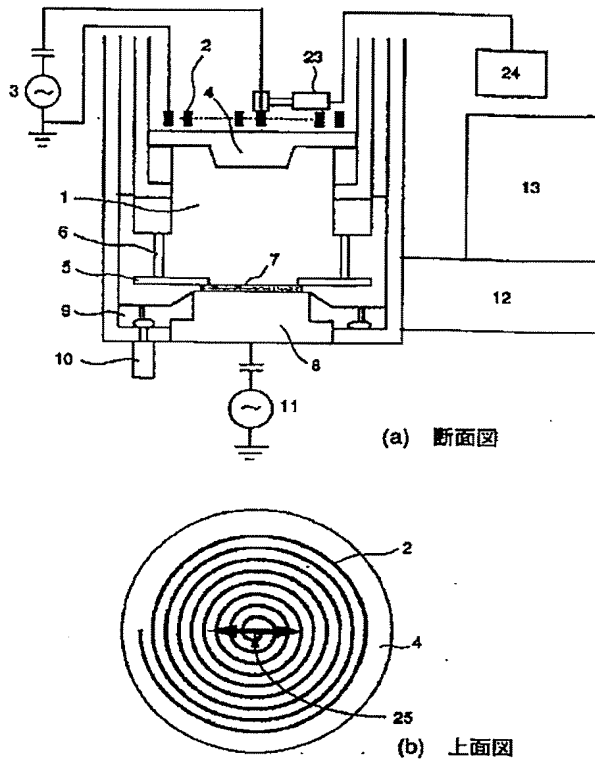
【図7】



第7図 エッチング均一性のコイルの径方向位置依存性

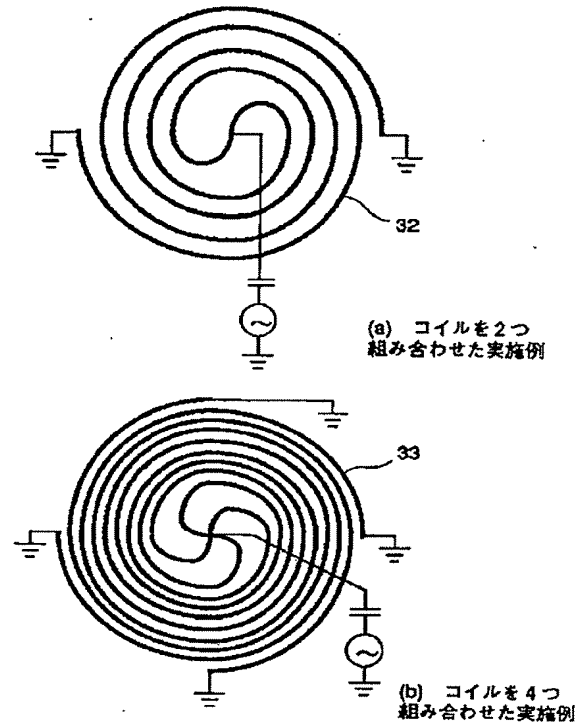


【図6】



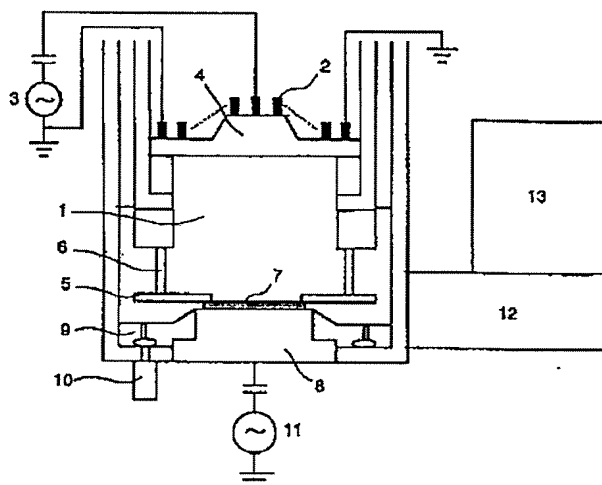
第6図 渦巻状コイル位置を反応容器の後方向に移動可能とした本発明の第3の実施例

【図8】



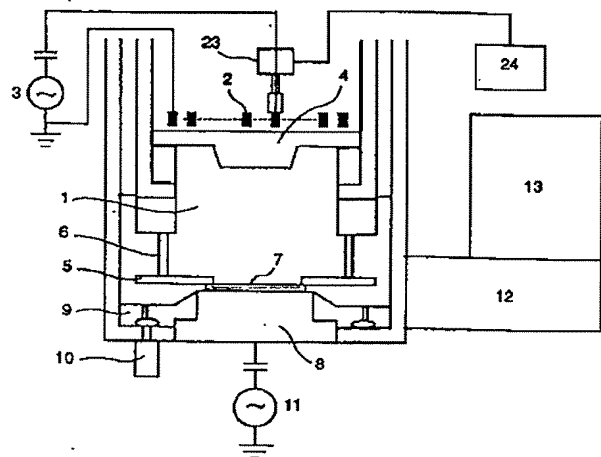
第8図 コイル形状を軸対称にした本発明の第4の実施例

【図9】



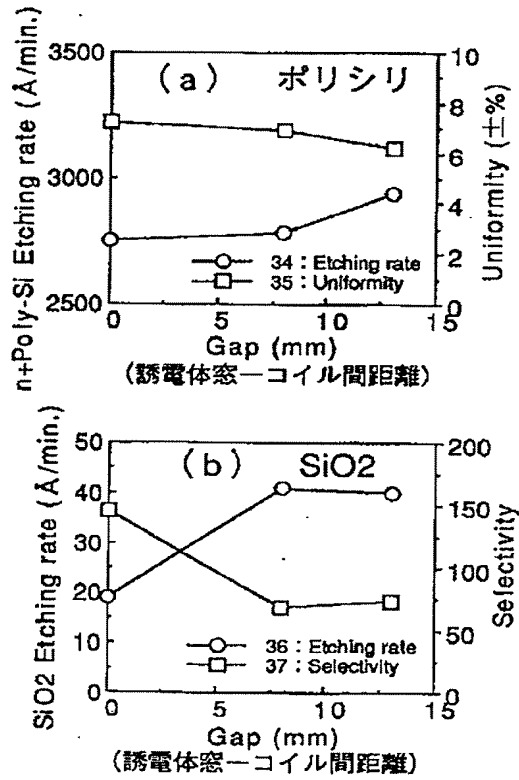
第9図 コイル形状を軸対称とし誘電体プレート形状を上側に凸とした本発明の第5の実施例

【図10】



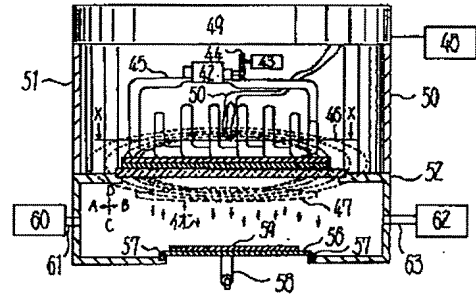
第10図 コイルを軸方向に可動とした第6の実施例

【図 11】



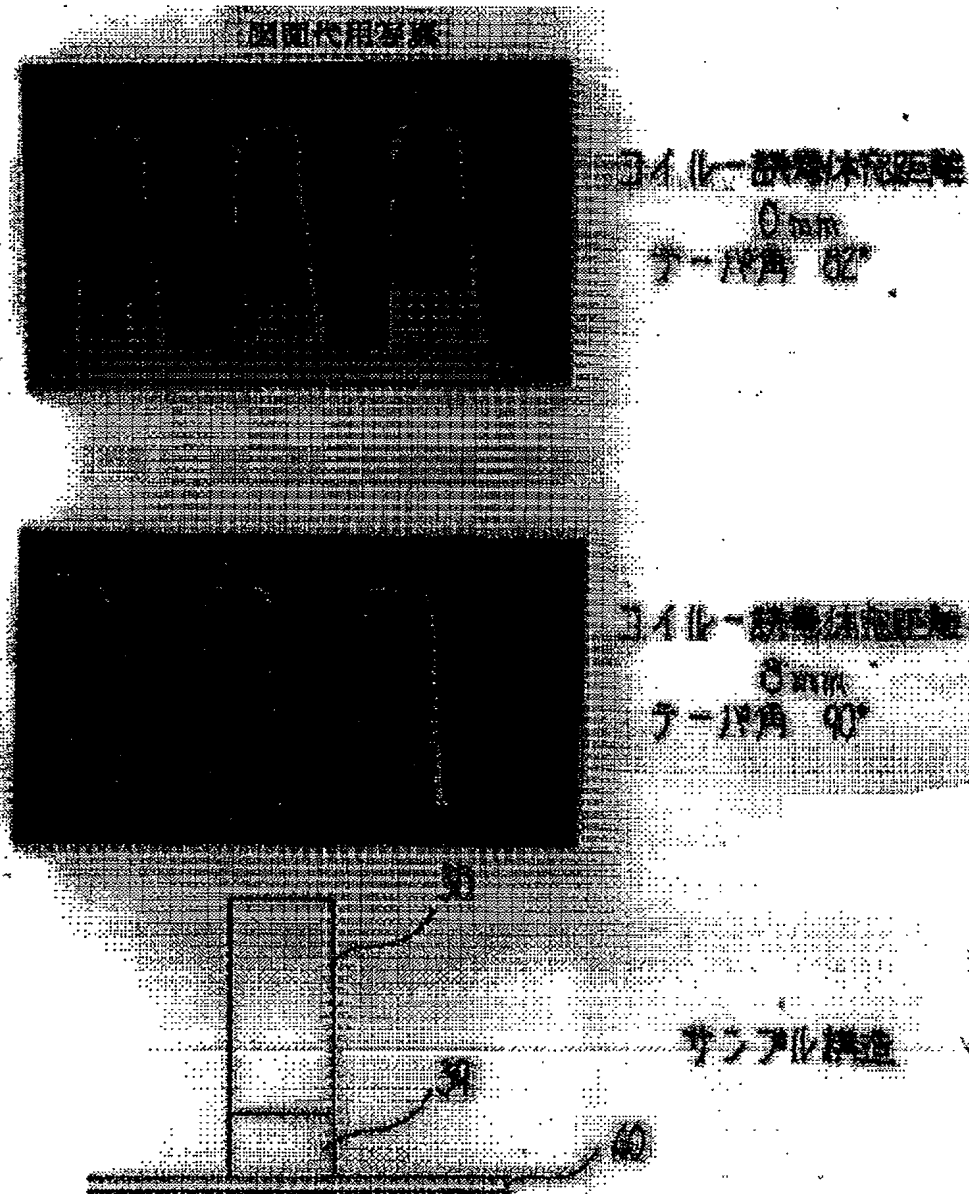
第11図 ポリシリ、SiO<sub>2</sub>エッチング速度、均一性のコイルの軸方向位置依存性

【図 13】



第13図 従来技術の実施例

【図12】



第12図 コイル-誘電体窓間の距離をかえたときの  
ポリシリエッチング形状

【提出日】平成7年1月31日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図12

【補正方法】変更

【補正内容】

【図12】コイル-誘電体窓間の距離をかえたときのポリシリエッチング形状を示した走査型電子顕微鏡写真